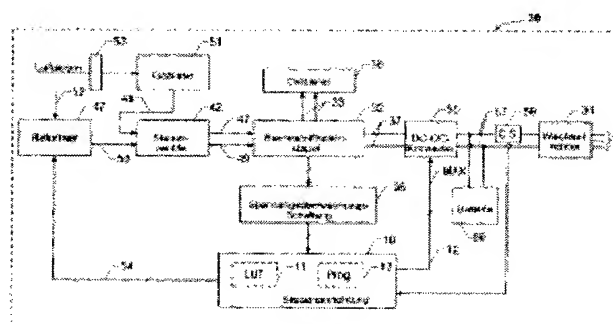


特許公報番号 DE10065446  
公報発行日 2001-07-12  
発明者: LACY ROBERT A (US); MARVIN RUSSEL H (US)  
出願人 PLUG POWER INC (US)  
分類:  
一国際: **H01M8/00; H01M8/04; H01M16/00; H01M8/00; H01M8/04;**  
H01M16/00; (IPC1-7): H01M8/04  
一欧州: H01M8/04H  
出願番号 DE20001065446 20001227  
優先権主張番号: US19990472759 19991227

US6428917 (B1)  
JP2001210346 (A)

要約 DE10065446

Fuel-cell stacks forming part of a fuel-cell system can often function in fuel depletion supply mode, as a result of an insufficient supply of hydrogen until the reformer overcomes its traditionally sluggish response and finally 'kicks in' to provide the correct level of hydrogen. This sort of operation can lead to damage of the fuel cells in the stack. Operation of the fuel-cell stack now requires initially setting the flow of fuel through the fuel cell stack (32) so as to generate a current, and then the cell voltages of the fuel cell stack are sampled so as to determine the minimum cell voltage. A minimum threshold value for the current is then set and is at least partly based on the minimum cell voltage.



<http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=FPDDOC&IDX=DF10065446&F=0>



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 65 446 A 1

51 Int. Cl. 7:  
H 01 M 8/04

21 Aktenzeichen: 100 65 446.0  
22 Anmeldetag: 27. 12. 2000  
43 Offenlegungstag: 12. 7. 2001

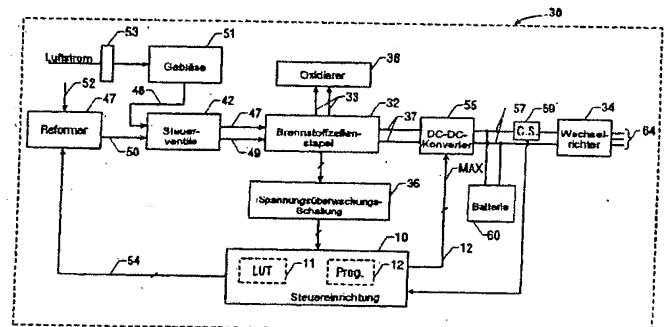
30 Unionspriorität:  
472759 27. 12. 1999 US  
71 Anmelder:  
Plug Power, Inc., Latham, N.Y., US  
74 Vertreter:  
Zenz, Helber, Hosbach & Partner, 45128 Essen

72 Erfinder:  
Lacy, Robert A., Scotia, N.Y., US; Marvin, Russel H.,  
Voorheesville, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Regelung des maximalen Ausgangsstroms eines Brennstoffzellenstapels

57 Das Verfahren umfaßt das Erzeugen eines Brennstoffflusses durch einen Brennstoffzellenstapel zur Erzeugung eines Stroms. Die Spannungen des Brennstoffzellenstapels werden abgetastet (113), um die minimale Zellenspannung (114) zu bestimmen. Ein maximaler Grenzwert wird für den Strom gesetzt (118), der wenigstens zum Teil auf der minimalen Zellenspannung basiert.



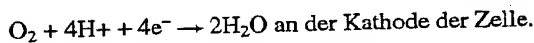
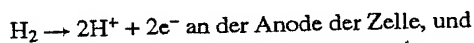
DE 100 65 446 A 1

DE 100 65 446 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellenstapels sowie ein Brennstoffzellensystem.

Eine Brennstoffzelle ist ein elektrochemisches Bauelement, das durch eine Reaktion erzeugte chemische Energie direkt in elektrische Energie umwandelt. Beispielsweise umfaßt eine Art einer Brennstoffzelle eine Protonenaustauschmembran (PEM; Proton Exchange Membrane), die häufig Polymerelektrolytmembran genannt wird und die nur Protonen den Durchtritt zwischen einer Anode und einer Kathode der Brennstoffzelle gestattet. An der Anode wird zweiatomiger Wasserstoff (ein Brennstoff) oxidiert, um Wasserstoffprotonen zu erzeugen, die durch die PEM hindurchtreten. Die durch diese Oxidation erzeugten Elektronen fließen durch eine Schaltung, die sich außerhalb der Brennstoffzelle befindet, wobei sie einen elektrischen Strom bilden. An der Kathode wird Sauerstoff reduziert und reagiert mit den Wasserstoffprotonen, wobei Wasser gebildet wird. Die anodischen und kathodischen Reaktionen werden durch die folgenden Gleichungen beschrieben:



Eine typische Brennstoffzelle weist eine Anschlußspannung von ungefähr einem Volt Gleichspannung (DC) auf. Zur Erzeugung erheblich größerer Spannungen können mehrere Brennstoffzellen zusammengesetzt werden, wobei sie eine Brennstoffzellenstapel genannte Anordnung bilden, bei der die Brennstoffzellen miteinander elektrisch in Reihe geschaltet sind, um eine größere Gleichspannung (beispielsweise eine Gleichspannung von ungefähr 100 Volt) und eine größere Leistung bereitzustellen.

Der Brennstoffzellenstapel kann Flußplatten (beispielsweise Graphitverbund- oder Metallplatten) umfassen, die aufeinander gestapelt sind und die jeweils mehr als einer Brennstoffzelle des Stapels zugeordnet sein können. Die Platten können verschiedene Fließkanäle und Öffnungen aufweisen, um beispielsweise die Reaktanden und Reaktionsprodukte durch den Brennstoffzellenstapel zu leiten. Mehrere PEMs (jeweils einer bestimmten Brennstoffzelle zugeordnet) können zwischen den Anoden und Kathoden der verschiedenen Brennstoffzellen im Stapel verteilt werden.

Der Brennstoffzellenstapel kann Bestandteil eines Brennstoffzellensystems sein, das Energie für eine Last, wie beispielsweise einem Haus, bereitstellt. So kann das Brennstoffzellensystem neben seinen unterschiedlichen Komponenten einen Wechselrichter umfassen, um die durch den Stapel bereitgestellte Gleichspannung in eine Wechselspannung umzuwandeln, die an das Haus bereitgestellt werden kann. Das Brennstoffzellensystem kann ferner einen Reformier umfassen, um einen Kohlenwasserstoff (beispielsweise Erdgas oder Propangas) in einen Wasserstoffgasstrom umzusetzen. Der Wasserstoffgasstrom muß groß genug sein, um der durch die oben beschriebenen Gleichungen vorgegebenen Stöchiometrie zu genügen. Daher erfordern höhere Strompegel größere Zuflußraten und somit eine höhere Wasserstoffproduktion seitens des Reformers.

Das Brennstoffzellensystem überwacht typischerweise die Ausgangsleistung des Systems und regelt die Produktion des Reformers auf der Grundlage der überwachten Leistung. Daher erfordert ein erhöhter Leistungsbedarf aus dem Haus typischerweise eine Erhöhung der Produktion seitens des Reformers. Ein herkömmlicher Reformier kann ein relativ lang-

sames Ansprechverhalten aufweisen, das bewirkt, daß jede Erhöhung der Produktion dem erhöhten Leistungsbedarf deutlich nachläuft. Im Ergebnis kann es dann, wenn die vom Haus angeforderte Leistung plötzlich erhöht wird, sein, daß der Brennstoffzellenstapel aufgrund eines mangelhaften Wasserstoffzuflusses "hungert", bis die Wasserstoffproduktion durch den Reformier auf den richtigen Pegel ansteigt. Diese Brennstoffmangelversorgung wiederum kann die Brennstoffzellen des Stapels beschädigen.

Daher ist es eine Aufgabe der Erfindung, den oben genannten Nachteil zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung umfaßt ein Verfahren die Erzeugung eines Brennstoffflusses durch einen Brennstoffzellenstapel, um einen Strom zu erzeugen. Die Zellenspannungen des Brennstoffzellenstapels werden abgetastet, um die minimale Zellenspannung zu bestimmen. Der Strom wird auf einen maximalen Stromgrenzwert begrenzt, der auf der Basis der minimalen Zellenspannung bestimmt wird.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen beschrieben. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 2 ein Spannungsdiagramm einer Brennstoffzelle des Brennstoffzellenstapels nach Fig. 1 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm, das ein Steuerschema gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht.

Gemäß Fig. 1 umfaßt ein Ausführungsbeispiel 30 eines Brennstoffzellensystems gemäß der Erfindung einen Brennstoffzellenstapel 32, der die Reaktanden (beispielsweise Wasserstoff und Luft) in einer chemischen Reaktion verbraucht, um Elektrizität zu erzeugen. Beispielsweise können die Ausgangsanschlüsse 64 des Brennstoffzellensystems 30 so angeschlossen werden, daß sie an einen elektrischen Lastabnehmer, wie beispielsweise einem Haus, eine Ausgangsleistung bereitstellen. Die durch das Haus angeforderte Leistung kann über den zeitlichen Verlauf variieren, und somit ist der Zellenstrom des Brennstoffzellenstapels 32 nicht konstant, sondern zeitlich veränderlich. Eine Steuereinrichtung 10 (des Brennstoffzellensystems 30) überwacht die Ausgangsleistung des Brennstoffzellensystems 30 und steuert einen Reformier 47 entsprechend, um den Wasserstofffluß in den Brennstoffzellenstapel 32 zu regeln. Der Reformier 47 kann jedoch ein relativ langsames Ansprechverhalten aufweisen. Daher kann es sein, daß dann, wenn die durch das Haus angeforderte Leistung sich plötzlich erhöht, der Reformier nicht schnell genug reagiert, um zu verhindern, daß die Brennstoffzellen des Stapels 32 einen unzureichenden Wasserstoffzufluß aufnehmen, es sei denn durch die Strombegrenzungsmerkmale des Brennstoffzellensystems 30, die unten beschrieben werden.

Insbesondere weil die Brennstoffzellen des Brennstoffzellenstapels 32 miteinander elektrisch in Reihe geschaltet sind, haben die Zellen den gleichen Zellenstrom. Auf diese Weise kann jede Brennstoffzelle durch eine Abhängigkeit der Zellenspannung von dem Zellenstrom gekennzeichnet werden, die Polarisierungskurve genannt wird, wie beispielsweise, durch die in Fig. 2 dargestellte Polarisierungskurve 20. Wie gezeigt, sinkt die Anschlußspannung der

Zelle allgemein mit dem Erhöhen des Zellenstroms ab. Ein beispielhafter Arbeitspunkt der Brennstoffzelle ist in Fig. 2 dargestellt, ein Arbeitspunkt, bei dem die Zelle eine Anschlußspannung  $V_{\text{cell}}$  und einen Strom  $I_{\text{cell}}$  besitzt. Die Spannung  $V_{\text{cell}}$  liegt über dem Spannungsschwellenwert (genannt  $V_{\text{TH}}$ ), der eine Grenze zwischen einer gesunden Brennstoffzelle und einer ungesunden Brennstoffzelle definiert. Auf diese Weise können die Gesundheit, die Effizienz und die allgemeine Sicherheit des Brennstoffzellenstapels 32 leiden, wenn eine der Zellenspannungen unter die Spannung  $V_{\text{TH}}$  abfällt, ein Zustand, der beispielsweise auftreten könnte, wenn ein Strom entnommen wird, der größer als ein Schwellenwertstrom (genannt  $I_{\text{TH}}$ ) ist.

Um zu verhindern, daß dieser Zustand eintritt, setzt die Steuereinrichtung 10 einen maximalen Grenzwert für den Zellenstrom, um zu verhindern, daß die minimale Zellenspannung (von allen Zellenspannungen des Brennstoffzellenstapels 32) unter die Schwellenwertspannung  $V_{\text{TH}}$  abfällt. Die Vorgabe des maximalen Stromgrenzwerts durch die Steuereinrichtung ist nicht statisch, sondern vielmehr kann die Vorgabe des maximalen Stromgrenzwerts, wie unten beschrieben, von anderen Parametern, wie der minimalen Zellenspannung, abhängen.

So gilt die in Fig. 2 gezeigte Polarisationskurve 20 für einen bestimmten Wasserstofffluß. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 10 für den vorgegebenen Wasserstofffluß den maximalen Stromgrenzwert nahe  $I_{\text{TH}}$  setzen, dem Strompegel an der  $V_{\text{TH}}$ -Schwellenwertspannung. Die Polarisationskurve für eine gegebene Brennstoffzelle ist jedoch nicht statisch, vielmehr bewirkt eine Veränderung im Wasserstofffluß, daß die Polarisationskurve für eine gegebene Brennstoffzelle entlang der Strom-Achse der Polarisationskurve verschoben wird. Bei der Polarisationskurve 20 beispielsweise verschiebt eine Erhöhung des Wasserstoffflusses die Kurve 20 in positiver Richtung entlang der Zellenstrom-Achse, wobei der Pegel des  $I_{\text{TH}}$ -Schwellenwertstrompegels erhöht wird. Eine Verringerung des Wasserstoffflusses verschiebt die Kurve 20 in negativer Richtung entlang der Zellenstrom-Achse, wobei der Pegel des  $I_{\text{TH}}$ -Schwellenwertstrompegels verringert wird. Somit bewirkt eine Erhöhung des Wasserstoffflusses grundsätzlich, daß die Steuereinrichtung 10 den maximalen Zellenstromgrenzwert erhöht und eine Verringerung des Wasserstoffflusses bewirkt grundsätzlich, daß die Steuereinrichtung 10 den maximalen Zellenstromgrenzwert verringert.

Um die zuvor beschriebene Strombegrenzung zu erreichen, setzt die Steuereinrichtung 10 bei einigen Ausführungsbeispielen einen maximalen Stromgrenzwert für einen DC-DC-Konverter 55 des Brennstoffzellensystems 30 (siehe Fig. 1). Somit ist der Konverter 55 an die Ausgangsanschlüsse 37 des Brennstoffzellenstapels 32 angeschlossen, um eine Gleichstromspannung aus dem Stapel 32 aufzunehmen. Der Konverter 55 regelt bzw. verschiebt den aufgenommenen Gleichspannungspegel, um eine geregelte Spannung an den Ausgangsanschlüssen 57 bereitzustellen, die an einen Wechselrichter 34 angeschlossen sind. Um den maximalen Stromgrenzwert zu setzen, liefert die Steuereinrichtung 10 ein Signal (genannt MAX), das beispielsweise ein Strom- oder Spannungssignal sein kann und das vom Konverter empfangen wird und den maximalen Zellenstromgrenzwert anzeigt. Auf diese Weise wird das MAX-Signal dazu verwendet, den maximalen Ausgangsstrom des Konverters 55 einzustellen und dadurch den maximalen Grenzwert für den Zellenstrom zu erzeugen. Wenn der Ausgangsstrom des Konverters 55 begrenzt ist, liefert eine Batterie 60 des Brennstoffzellensystems 30 je nach Bedarf einen zusätzlichen Strom, um den Leistungsbedarf des Lastabnehmers, der an die Ausgangsanschlüsse 64 angeschlossen

sen ist, zu erfüllen. Beispielsweise können die Anschlüsse der Batterie 60 an die Ausgangsanschlüsse 57 des Konverters 55 angeschlossen sein.

Die oben beschriebene Steuerschleife verhindert, daß der Brennstoffzellenstapel 32 wegen eines aufgrund der Erhöhung des Leistungsbedarfs des Lastabnehmers nicht ausreichenden Wasserstoffflusses "hungert". So berücksichtigt der maximale Grenzwert, der für den Zellenstrom gesetzt ist, das Ansprechverhalten des Reformers 47 und verschafft dem Reformer 47 Zeit, um bei seiner Wasserstoffgasproduktion "aufzuholen". Wenn der Reformer 47 den Wasserstofffluß in Abhängigkeit von der Erhöhung des Leistungsbedarfs erhöht, kann die Steuereinrichtung 10 den maximalen Stromgrenzwert erhöhen. Das Brennstoffzellensystem 30 hat somit wenigstens zwei Steuerschleifen: eine erste schnell ansprechende Steuerschleife, um plötzliche Änderungen der Ausgangsleistung zu begrenzen, ein Ereignis, das den Brennstoffzellenstapel 32 aufgrund der relativ langsamen Reaktion des Reformers 47 "aushungert"; und eine zweite, möglicherweise langsamere Steuerschleife zur Steuerung des Reformers 47, um den Wasserstoffzufluß in den Brennstoffzellenstapel 32 zu regeln.

Wie oben beschrieben, kann die Steuereinrichtung 10 dem maximalen Stromgrenzwert wenigstens teilweise die minimale Zellenspannung zugrunde legen. Um die Zellenspannungen zu überwachen und die minimale Zellenspannung zu bestimmen, kann die Steuereinrichtung 10 eine Spannungsüberwachungsschaltung 36 des Brennstoffsystems 30 nutzen. Die Spannungsüberwachungsschaltung 36 ist an den Brennstoffzellenstapel 32 angeschlossen, um kontinuierlich die Zellenspannungen zu messen und ferner der Steuereinrichtung 10 die gemessenen Zellenspannungen anzuzeigen. Entweder die Spannungsüberwachungsschaltung 36 oder die Steuereinrichtung 10 (abhängig von dem jeweiligen Ausführungsbeispiel) kann die minimale Zellenspannung bestimmen, eine Spannung, die die Steuereinrichtung 40 verwendet, um die Ausgangsleistung des Brennstoffzellensystems 30 zu regeln.

Es wird weiterhin auf Fig. 3 Bezug genommen; die Steuereinrichtung 10 kann somit ein Programm 12 (das beispielsweise in einem Nur-Lese-Speicher (ROM) der Steuereinrichtung 10 gespeichert ist) ausführen, das bewirkt, daß die Steuereinrichtung 10 die Spannungsüberwachungsschaltung 36 (siehe Fig. 2) nutzt, um sämtliche Zellenspannungen des Brennstoffzellenstapels 32 zu messen (Block 13 nach Fig. 3). Aufgrund dieser Informationen kann das Programm 12 ferner bewirken, daß die Steuereinrichtung 10 die Zelle auswählt (Block 14) die die minimale Spannung aufweist, die minimale Zellenspannung mit der  $V_{\text{TH}}$ -Schwellenwertspannung vergleicht (Block 16), den Zellenstrom (beispielsweise über den Stromsensor 59 (siehe Fig. 1)) bestimmt (Block 17) und den Zellenstromgrenzwert auf der Grundlage dieser Faktoren setzt oder einstellt (18). Bei einigen Ausführungsbeispielen kann es sein, daß die Steuereinrichtung 10 den Zellenstrom beim Setzen des maximalen Stromgrenzwerts nicht nutzt, und bei einigen Ausführungsbeispielen kann die Steuereinrichtung 10 Anzeigen der gemessenen Spannungen und/oder Angaben der niedrigsten Zellenspannung von der Spannungsüberwachungsschaltung 36 einholen.

Bei einigen Ausführungsbeispielen regelt die Steuereinrichtung 10 die minimale Zellenspannung, um diese Spannung innerhalb eines Fehlerbereichs bei einer Sollspannung zu halten, einer Spannung nahe der minimalen Schwellenwertspannung. Wenn die minimale Zellenspannung groß genug wird, so daß sie über den Fehlerbereich ansteigt, erhöht die Steuereinrichtung 10 im Verlauf dieser Regelung den Stromgrenzwert. Andererseits verringert die Steuereinrichtung

tung 10 den Stromgrenzwert, wenn die niedrigste Zellenspannung klein genug wird, so daß sie unter den Fehlerbereich abfällt.

Um den Stromgrenzwert zu ändern, kann die Steuereinrichtung 10 bei einigen Ausführungsbeispielen den Stromgrenzwert mittels inkrementelle Beträge einstellen, die vorgegebene prozentuale Anteile (beispielsweise 5%) des maximalen Stapelstromnennwerts sind. Bei anderen Ausführungsformen kann die Steuereinrichtung 10 dem Änderungsbetrag andere Kriterien zugrundelegen oder kann der Änderung einen vorgegebenen Wert zugrundeliegen.

Bei einigen Ausführungsbeispielen kann die Steuereinrichtung 10 ein Proportional-Integral-Differential-Regelschema (PID), ein heuristisches Regelschema oder eine Nachschlagetabelle (LUT) 11 (siehe Fig. 1) verwenden, um die oben beschriebene dynamische Strombegrenzung durchzuführen. Als Beispiel kann die LUT 11 in einem Nur-Lese-Speicher (ROM) oder einem Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) des Brennstoffzellensystems 30, wie beispielsweise einem Speicher der Steuereinrichtung 10, gespeichert werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann die Steuereinrichtung 10 auch an einen (nicht gezeigten) Wasserstoffsensoren im Anodenabgas angeschlossen sein. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 10 den Stromgrenzwert verringern, wenn die Wasserstoffkonzentration des Anodenabgases unter einen vorbestimmten Schwellenwert (z. B. 8%) abfällt. Auf diese Weise kann der Wasserstoffsensoren eine zusätzliche Rückmeldung liefern, um zu verhindern, daß die Stromentnahme aus dem Stapel 32 die Zellen aus-

hungert. Die Zellenspannungen können im Verlauf ihrer Lebensdauer und/oder in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen des Brennstoffzellenstapels 32 variieren. So können über die Zeit verschiedene Zellen die minimale Zellenspannung liefern. Da die Steuereinrichtung 10 ihre Steuerung jedoch auf die zuletzt bestimmte Zelle mit minimaler Spannung stützt, berücksichtigt die Steuerung durch die Steuereinrichtung 10 diese Erscheinung. Bei einigen Ausführungsbeispielen bestimmt die Steuereinrichtung 10 somit die minimale Zellenspannung dynamisch während des Regelungsverlaufs.

Es wird wieder auf Fig. 1 Bezug genommen; neben anderen Merkmalen des Brennstoffzellensystems 30 konvertiert der Wechselrichter 34 die durch den Brennstoffzellenstapel 32 bereitgestellte Gleichspannung (DC) in Wechselspannung (AC), die an eine Last, wie beispielsweise einem Verbraucherhaushalt, geliefert wird. Die Steuereinrichtung 40 kann mit dem Reformier 47 über eine oder mehrere Steuerleitungen 54 zusammenwirken, um die Wasserstoffgasproduktion des Reformers 47 auf der Grundlage der durch den Verbraucher geforderten Leistung zu steuern. Um den Leistungsbedarf zu bestimmen, kann die Steuereinrichtung 10 den Stromsensor 59 verwenden, der beispielsweise mit einem der Ausgangsanschlüsse 57 des DC-DC-Konverters 55 in Reihe geschaltet ist. Beispielsweise kann der DC-DC-Konverter 55 ein Buck- oder Boost-/Schalt-Spannungsregler sein. Ein Abgasoxidierer 38 des Brennstoffzellensystems 30 kann unverbrauchte Reaktanten und Reaktionsprodukte aus dem Brennstoffzellenstapel 32 (über die Abgasleitungen 33) aufnehmen und oxidieren.

Das Brennstoffzellensystem 30 kann ferner Steuerventile 42 umfassen, die (über eine Leitung 48) einen Luftstrom von einem Gebläse 51 aufnehmen, das durch einen Filter 53 (beispielsweise einen hocheffizienten Teilchenrückhaltefilter (HEPA)) gefilterte Luft aufnimmt. Der Luftstrom liefert Sauerstoff – einen Reaktanten – an den Brennstoffzellenstapel 32. Die Steuerventile 42 nehmen ferner einen Wasserstoffgasstrom aus einer Leitung 50 auf, die aus dem Refor-

mer 47 herangeführt ist. Die Steuerventile 42 versorgen jeweils die Auslaßleitungen 49 und 47, die diese Reaktanten an die geeigneten Reaktandendruckleitungen des Brennstoffzellenstapels 32 liefern. Die Steuereinrichtung 10 kann beispielsweise einen oder mehrere Mikrocontroller und/oder Mikroprozessoren umfassen.

Andere Ausführungsformen liegen innerhalb des Schutzbereichs der folgenden Ansprüche. Beispielsweise kann das Brennstoffzellensystem 30 Energie an ein Automobil anstelle eines Hauses liefern. Andere Anordnungen sind möglich.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellenstapels (32), wobei:  
ein Brennstofffluß durch den Brennstoffzellenstapel (32) eingestellt wird, um einen Strom zu erzeugen, die Zellenspannungen des Brennstoffzellenstapels (32) abgetastet werden, um die minimale Zellenspannung zu bestimmen, und  
ein maximaler Grenzwert für den Strom gesetzt wird, der wenigstens teilweise auf der minimalen Zellspannung basiert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Einstellen eine Regelung des Brennstoffflusses auf der Grundlage der Ausgangsleistung umfaßt, wobei die Regelung ein verzögertes Ansprechen zeigt und das Setzen des maximalen Grenzwerts den Brennstoffzellenstapel (32) an der Aufnahme eines aufgrund des verzögerten Ansprechens nicht ausreichenden Brennstoffflusses hindert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Abtasten das kontinuierliche Überwachen der Zellenspannungen während des Regelns umfaßt, um die minimale Zellenspannung dynamisch zu bestimmen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die minimale Zellenspannung während des zeitlichen Verlaufs unterschiedlichen Brennstoffzellen des Brennstoffzellenstapels (32) zugeordnet sein kann.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Setzen des maximalen Grenzwerts verhindert, daß die Zellenspannungen unter einen minimalen Spannungsschwellenwert abfallen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Setzen des maximalen Grenzwerts verhindert, daß die minimale Zellenspannung unter einen minimalen Spannungsschwellenwert abfällt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß DC-DC-Spannungskonverter (55) verwendet werden, um eine Ausgangsspannung aus dem Brennstoffzellenstapel (32) aufzunehmen und einen vorgegebenen Spannungspegel an einem Ausgangsanschluß (64) des Konverters (55) zu liefern.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Setzen des maximalen Stromgrenzwerts das Einstellen eines maximalen Ausgangsstroms aus dem DC-DC-Spannungskonverter (55) umfaßt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Unterstützung des Brennstoffzellenstapels (32) ferner eine Batterie (60) vorgesehen ist, um einen über den maximalen Grenzwert hinausgehenden zusätzlichen Strom zu liefern.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Setzen des maximalen Grenzwerts die Erhöhung des maximalen Grenzwerts umfaßt, wenn sich die minimale Zellenspannung erhöht.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Setzen des maximalen Grenzwerts die Verringerung des maximalen Grenzwerts umfaßt, wenn sich die minimale Zellenspannung verringert.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Setzen des maximalen Grenzwerts die Erhöhung des maximalen Grenzwerts umfaßt, wenn sich der Brennstofffluß erhöht.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Setzen des maximalen Grenzwerts die Verringerung des maximalen Grenzwerts umfaßt, wenn sich der Brennstofffluß verringert.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß dieses ferner die Messung einer Wasserstoffkonzentration in einem Anodenabgasstrom und die Einstellung des maximalen Stromgrenzwerts auf der Grundlage der gemessenen Wasserstoffkonzentration umfaßt.
15. Brennstoffzellensystem (30) mit einem Brennstoffzellenstapel (32), der in Abhängigkeit von einem Brennstofffluß einen Strom erzeugen kann; und einer an den Brennstoffzellenstapel (32) angeschlossenen Schaltung (36), dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung (36) die Zellenspannungen des Brennstoffzellenstapels (32) bestimmen kann, die minimale Zellenspannung aus den Zellenspannungen auswählt und einen maximalen Grenzwert für den Strom setzt, wobei der maximale Grenzwert zum Teil wenigstens auf der minimalen Zellenspannung basiert.
16. Brennstoffzellensystem (30) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß dieses ferner einen Reformer (47) aufweist, der den Brennstofffluß liefert, wobei der Reformer (47) verzögert anspricht, und daß die Schaltung (36) den maximalen Grenzwert setzt, um zu verhindern, daß der Brennstoffzellenstapel (32) einen unzureichenden Brennstofffluß aufgrund des verzögerten Ansprechens erhält.
17. Brennstoffzellensystem (30) nach Anspruch 15 oder 16, gekennzeichnet durch eine Spannungsüberwachungsschaltung (36), die die Zellenspannungen während des Regels kontinuierlich überwachen kann, um die minimale Zellenspannung dynamisch zu bestimmen.
18. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die minimale Zellenspannung über den Zeitverlauf unterschiedlichen Brennstoffzellen des Brennstoffzellenstapels (32) zugeordnet sein kann.
19. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 18, gekennzeichnet durch einen DC-DC-Konverter (55), der an den Brennstoffzellenstapel (32) angeschlossen ist, um eine Ausgangsleistung zu liefern.
20. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung (36) verhindert, daß die Zellenspannungen unter einen minimalen Spannungsschwellenwert abfallen.
21. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung (36) verhindert, daß die minimale Zellenspannung unter einen minimalen Spannungsschwellen-

wert abfällt.

22. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 21, gekennzeichnet durch eine Batterie (60), die den Brennstoffzellenstapel (32) unterstützt, um zusätzlichen Strom zu liefern, wenn der Strom in der Nähe des oberen Grenzwerts liegt.
23. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung (36) den maximalen Grenzwert erhöhen kann, wenn sich die minimale Zellenspannung erhöht.
24. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung den maximalen Grenzwert verringern kann, wenn sich die minimale Zellenspannung verringert.
25. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung den maximalen Grenzwert erhöhen kann, wenn sich der Brennstofffluß erhöht.
26. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung den maximalen Grenzwert verringern kann, wenn sich der Brennstofffluß verringert.
27. Brennstoffzellensystem (30) nach einem der Ansprüche 15 bis 26, gekennzeichnet durch einen Sensor, der eine Wasserstoffkonzentration in einem Anodenabgasstrom messen kann, sowie eine Schaltung, die den maximalen Stromgrenzwert auf der Grundlage der gemessenen Wasserstoffkonzentration einstellen kann.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

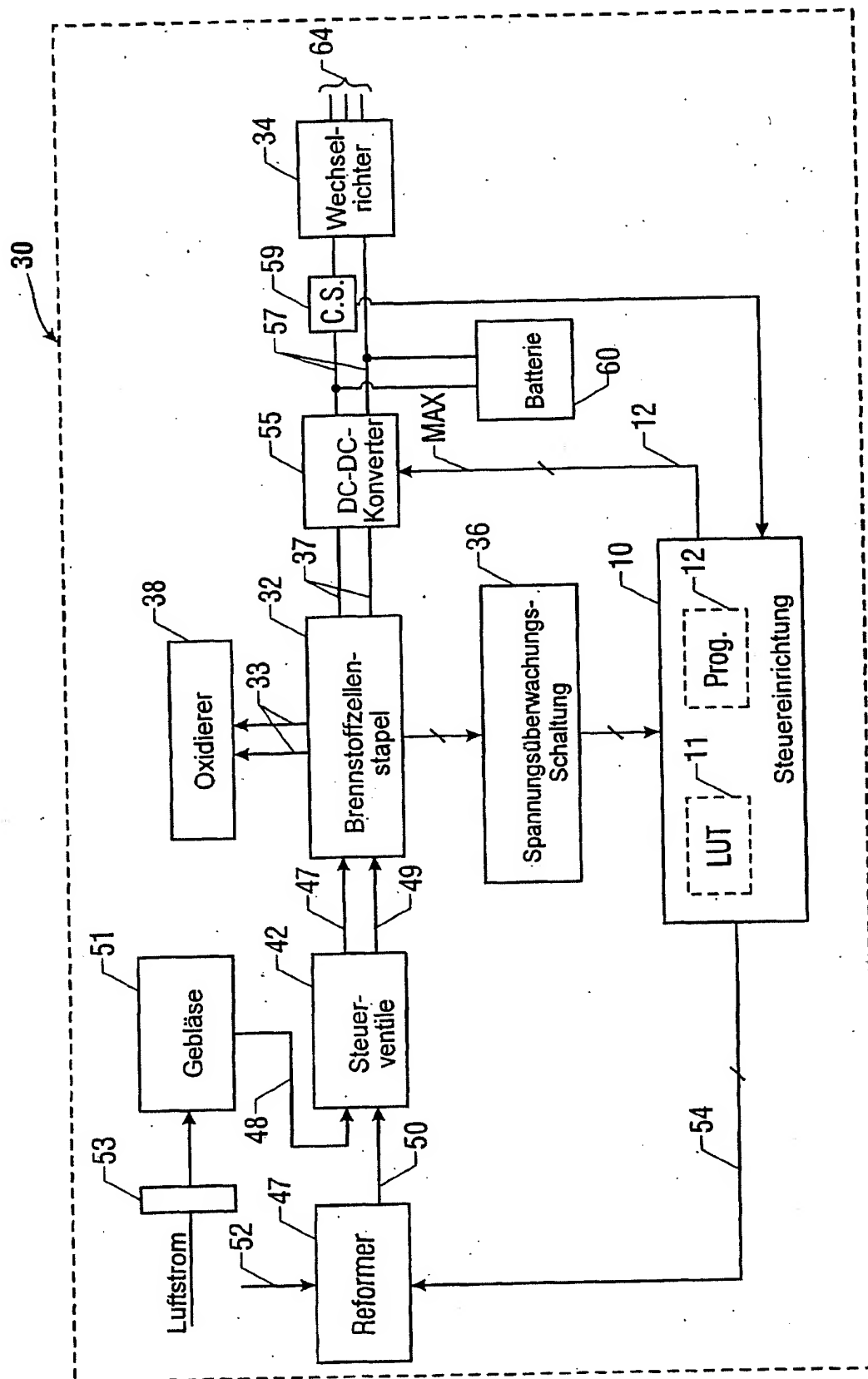


FIG. 1

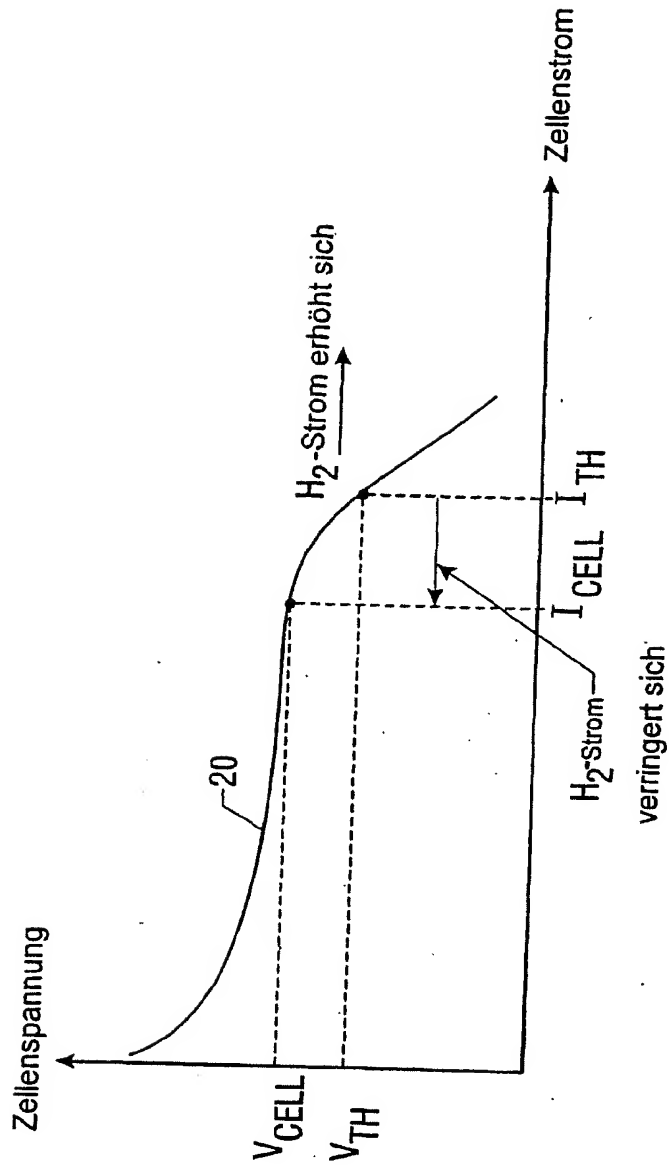


FIG. 2



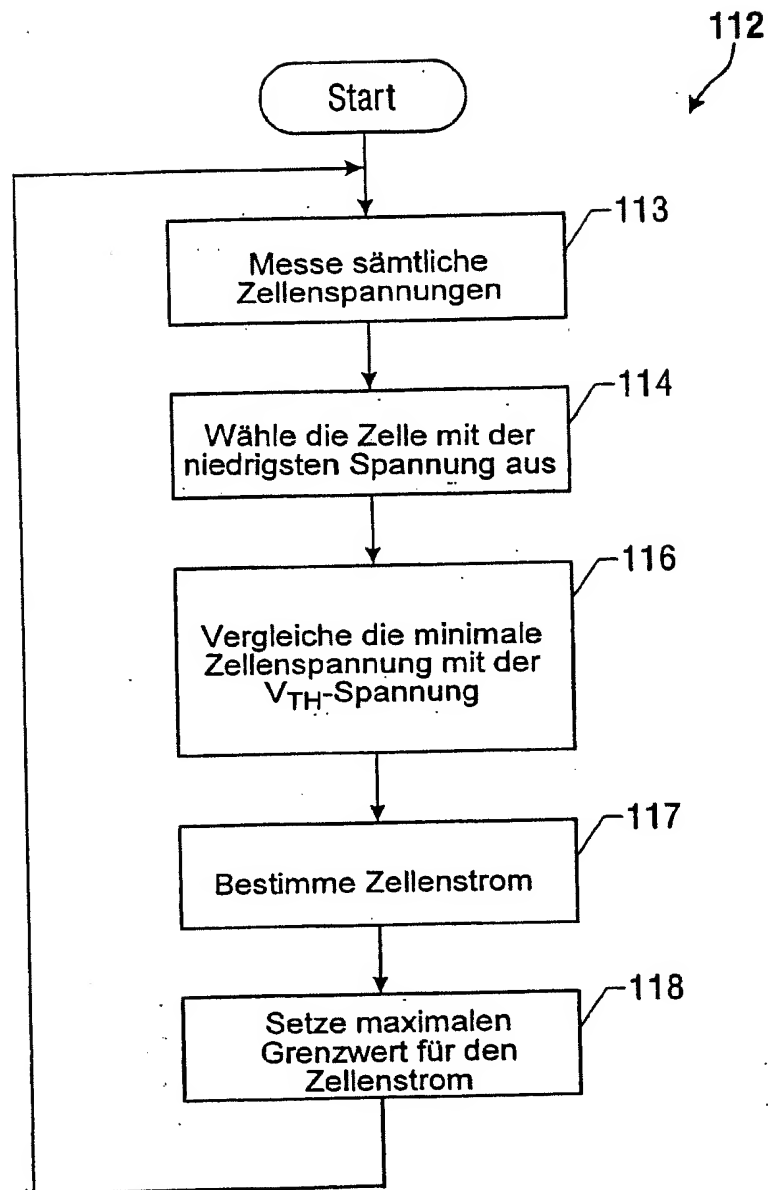


FIG. 3